

620.7
C76r
1910

CONGRÈS INTERNATIONAL
DE
l'Enseignement Technique
SUPÉRIEUR



Rapport sur l'Enseignement pratique
à l'Académie Technique Royale à Copenhague

par M. H.-J. HANNOVER

Professeur à l'Académie

Directeur du Laboratoire de l'Etat Danois pour l'essai des matériaux
à Copenhague



IXELLES-BRUXELLES
IMPRIMERIE-LITHOGRAPHIE N. VANDERSYDEN
SUCCESEUR G. BÖTHY
Rue de la Concorde, 18
1910

620.7
C 762
1910

28013

CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE SUPÉRIEUR

L'Académie Technique Royale de Copenhague

Son développement et son organisation actuelle

par M. H.-J. HANNOVER

Professeur à l'Académie

Directeur du Laboratoire de l'Etat Danois pour l'essai des matériaux
à Copenhague.

A la Première Section du Congrès

On sait que la création sur le continent, il y a environ cent ans, des Ecoles techniques supérieures a été l'un des moyens par lesquels on cherchait à donner un nouvel essor à l'industrie et au commerce, après les ravages causés par les guerres napoléoniennes. En 1806 fut fondée l'Académie (Ecole technique supérieure) de Prague ; en 1815 celle de Vienne ; ensuite furent créées celles de Berlin, de Carlsruhe et autres. En 1829 fut fondée l'Académie technique de Copenhague, sous le nom de « Den polytek-niske Laereanstalt ».

L'impulsion à sa création a été donnée par la requête adressée au roi par G.-F. Ursin, professeur à l'Académie des Beaux-Arts ; cette pétition a eu pour résultat la formation de la Commission dans laquelle siégeait le célèbre inventeur de l'électromagnétisme H.-C. Oersted et qui devait examiner la proposition d'Ursin ; ce dernier se proposait en somme, au début, de créer une espèce d'école professionnelle ; cependant la Commission proposa de créer une Ecole pour l'enseignement technique supérieur sur des bases scientifiques. Provisoirement on commença en petit et la partie technique, en particulier, fut très faiblement représentée dans le corps professoral.

L'établissement, dont H.-C. Oersted fut le premier direc-

direct ex

teur, trouva son siège dans les anciens appartements de quelques professeurs, à proximité de l'Université, et il y resta, après des agrandissements successifs considérables, jusqu'en 1890.

L'enseignement était organisé pour deux années d'études et pour deux spécialités différentes : « La Mécanique » et « la Science naturelle appliquée » ; d'après le projet initial, les étudiants devaient non seulement suivre les leçons théoriques et prendre part aux exercices, mais encore compléter leur instruction pratique en travaillant dans un atelier spécialement créé à cet effet.

Cependant il fut bientôt reconnu que l'on ne disposait pas d'assez de temps pour mener de front et les travaux dans l'atelier et les études proprement dites ; on renonça donc à ces travaux au bout de quelques années ; mais l'atelier lui-même subsista, toutefois, pour des élèves spéciaux jusqu'en 1860.

Peu après la création de l'établissement, le besoin se fit sentir de la création d'une troisième section d'études (notamment de celle des « ingénieurs », c'est-à-dire des ingénieurs constructeurs), puisque les diplômés de la « science naturelle appliquée » étaient au fond des chimistes. Cependant l'Etat n'était pas disposé à introduire cette nouvelle section. Cette opposition fut motivée en 1849 par la considération que déjà les ingénieurs militaires apprenaient à l'Ecole militaire royale les branches dont on voulait obtenir l'introduction. D'autre part, on croyait qu'après la construction des lignes de chemin de fer vers les villes les plus importantes la construction de ce genre d'ouvrages (commencée peu auparavant dans le pays par des ingénieurs anglais) cesserait et qu'il n'était donc pas utile d'organiser l'enseignement de cette branche.

Alors un certain nombre d'anciens élèves de l'Académie organisèrent une souscription qui produisit de quoi engager, en 1857, un professeur des cours de construction ; après quoi, l'année suivante, l'Etat prit cette chaire à sa charge. Ainsi, il y eut donc trois sections d'études.

Avec le temps, la durée des études a été prolongée jusqu'à trois ans et demi et même quatre et demi, et l'enseignement a été élargi sous plusieurs rapports ; le nombre des étudiants ayant augmenté en même temps, les locaux

primitifs sont devenus insuffisants malgré des agrandissements considérables. Cependant l'autorisation nécessaire n'a été obtenue qu'en 1887-1888, et le 1^{er} septembre 1890 fut inauguré le bâtiment représenté au premier plan sur la figure 1 et situé à l'une des extrémités du Jardin botanique.

En 1894 le programme des études fut complété par diverses branches nouvelles : l'électrotechnique, l'étude des matériaux, la construction des navires, le chauffage et



Fig. 1.

la ventilation, l'hygiène publique, et ce n'est qu'alors que l'enseignement technique devint complet.

Les examens ont alors été organisés de la manière suivante : après deux années d'études, l'élève doit subir un examen sur les branches théoriques, et c'est alors seulement que commence l'étude des branches techniques. Cette dernière partie des études devrait durer normalement deux ans et demi pour les ingénieurs constructeurs et mécaniciens et un an et demi pour les ingénieurs industriels (les anciens étudiants de la « science naturelle appliquée »). Cependant, il fallait normalement aux étudiants encore une année pour faire l'épreuve finale.

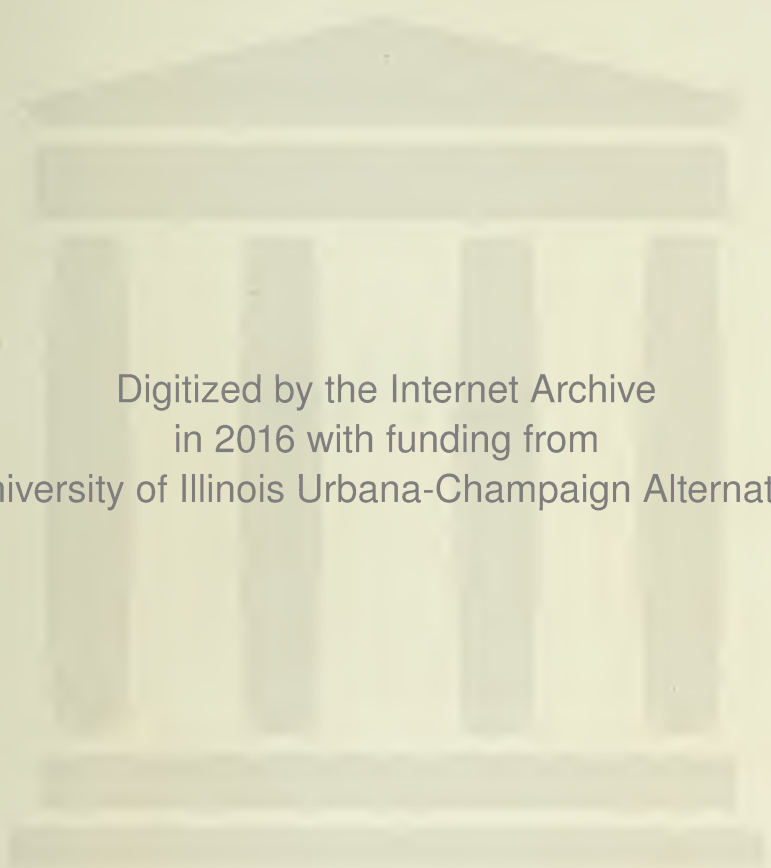
Il a été décidé, à la même époque, que les ingénieurs mécaniciens auront à fournir la preuve, avant cet examen, qu'ils ont travaillé pendant un an dans un atelier. (On trouvera des indications plus détaillées sur ce point dans mon rapport à la deuxième section du Congrès.)

C'est au célèbre thermochimiste le professeur *Julius Thomsen*, directeur de l'Académie à cette époque, que revient principalement l'honneur d'avoir fait construire le nouveau bâtiment destiné à l'Académie technique et d'avoir maintenu celle-ci à la hauteur de l'époque par l'organisation de l'enseignement de certaines branches nouvelles. A la suite de la découverte de Thomsen (application de la kryolithe de Groënland à la fabrication de la soude) et de l'extraction de la kryolithe qui en fut le résultat, l'Etat danois a réalisé pendant de longues années une recette, sous forme de droits de licence, qui a suffi à couvrir les frais d'entretien de l'Académie technique.

Le nombre des élèves a augmenté considérablement depuis l'inauguration du nouveau bâtiment, en 1890, et surtout depuis que le nouveau programme est entré en vigueur (1894). En 1902, il a été créé une nouvelle section d'études, celle des ingénieurs électriciens, le directeur actuel de l'Académie technique, M. G.-A. Hagemann, ayant fourni les fonds nécessaires pour l'installation d'un laboratoire électrotechnique provisoire. En 1904, la somme de 880,000 kronas (à peu près 1 million de marks) a été accordée pour la construction de nouveaux bâtiments, dont l'un est visible derrière le bâtiment ancien sur la figure 1 et dont une partie contient un laboratoire électrotechnique d'une excellente installation moderne; un second bâtiment, caché derrière le bâtiment principal, contient un laboratoire pour ingénieurs mécaniciens, non moins bien outillé.

La figure 2 montre l'intérieur du laboratoire électrotechnique; la figure 3 montre le laboratoire pour ingénieurs mécaniciens; la figure 4 représente la machine à triple expansion de 100 chevaux avec sa pompe, faisant partie du dernier laboratoire.

En 1909 a enfin été introduit un nouveau règlement. La durée normale des études est maintenant de quatre ans et demi pour toutes les sections; cependant, la plupart des étudiants mettent cinq ans et demi; à cela on doit encore ajouter, pour les ingénieurs mécaniciens et électriciens, une année de stage pratique dans les ateliers. Les ingénieurs mécaniciens, constructeurs et électriciens ont la liberté du choix de leur branche principale.



Digitized by the Internet Archive
in 2016 with funding from
University of Illinois Urbana-Champaign Alternates

<https://archive.org/details/rapport1910cong>



Fig. 2.

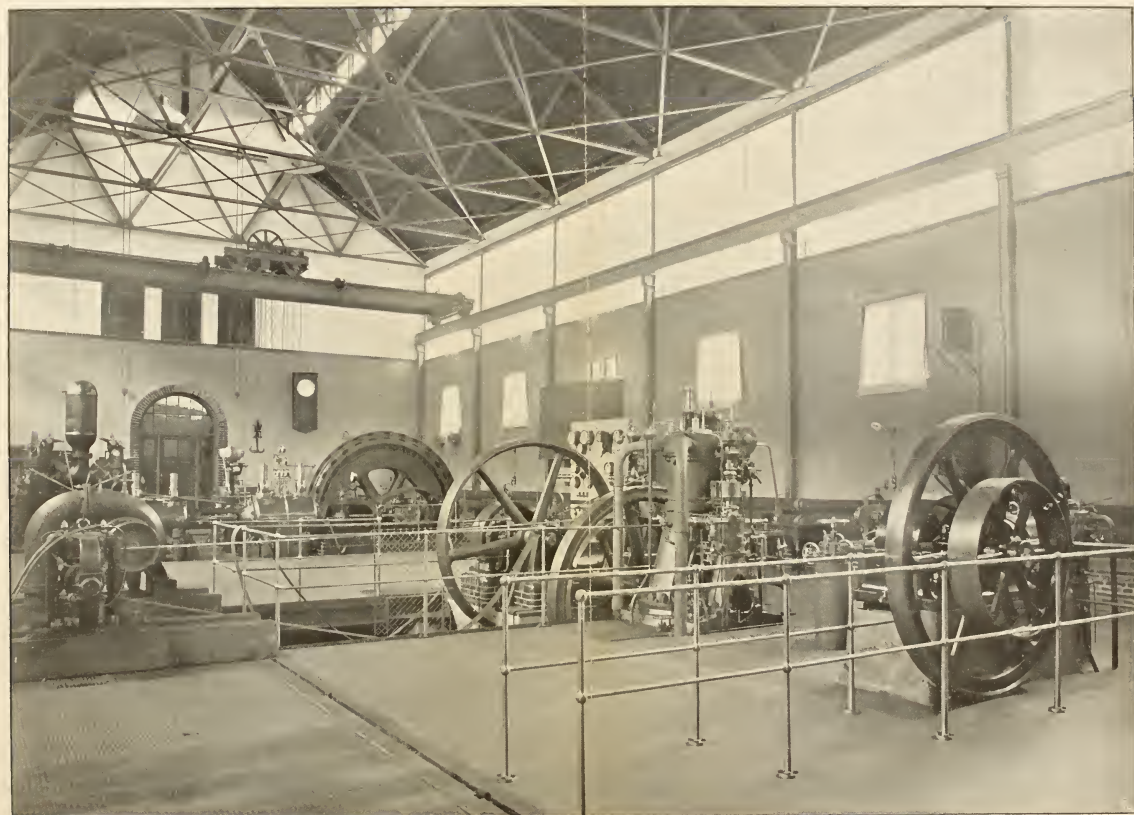


Fig. 3.

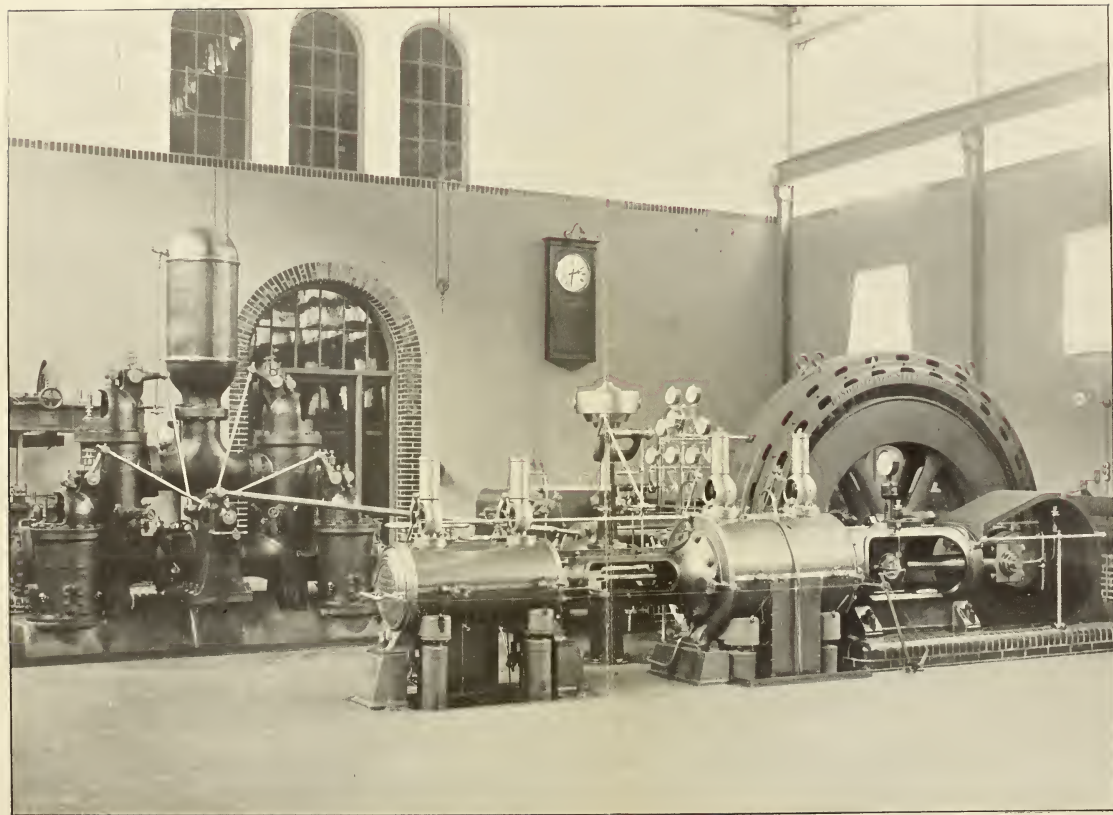


Fig. 4.

D'autres détails relatifs à cette question et à l'enseignement pratique se trouvent indiqués dans mon rapport à la deuxième section du Congrès.

Le nombre total des étudiants de l'Académie technique dépasse actuellement 800. Le nombre total des élèves ayant obtenu leur diplôme jusqu'en 1890, année de l'inauguration du nouveau bâtiment, soit en soixante ans, a été de 476. Ce nombre a été doublé déjà en 1902, et actuellement (1^{er} juillet 1910) il est plus que triplé (1542). Le corps enseignant comprend seize professeurs, six professeurs de l'Université donnant des cours aussi à l'Académie, quatorze chargés de cours et vingt-cinq assistants.

Pour être admis à l'Académie technique, on doit avoir subi ou l'examen de maturité ou bien un examen d'admission spécial; le programme de ce dernier examen est moins difficile que celui de l'examen de maturité, sauf en ce qui concerne les mathématiques, la physique, l'astronomie, la chimie, et il peut être fait un an plus tôt.

En 1903, le programme de l'examen de maturité a été modifié en ce sens qu'il existe maintenant, à côté des sections historico-philologique et mathématique, une section de philologie moderne. Cet été, l'examen de maturité peut être fait pour la première fois d'après le nouveau règlement. Cette mesure a eu pour conséquence, cette année, que sur les 565 élèves de la première supérieure de tous les lycées du pays, 66 seulement se sont inscrits pour la section historico-philologique, où le latin et le grec sont les branches principales et qui prépare aux études théologiques; tandis que 176 élèves se sont présentés à la section des mathématiques et des sciences naturelles, donnant droit à l'entrée à l'Académie technique, et 323 élèves se sont présentés à la section néo-philologique, où l'on attribue le plus d'importance à l'étude de l'allemand et de l'anglais.

On a souvent discuté la question de savoir s'il ne fallait pas supprimer l'examen d'entrée à l'Académie technique et exiger que tous ceux qui veulent y faire leurs études subissent préalablement l'examen de maturité dans la section des mathématiques et des sciences naturelles. On aurait ainsi obtenu une préparation meilleure et plus uniforme des étudiants. Cependant, on a maintenu l'état de choses antérieur, car il a été constaté que beaucoup d'étudiants,

qui n'ont subi que l'examen d'entrée spécial à l'Académie et qui ont terminé leurs études à l'Académie technique, sont devenus d'excellents ingénieurs, et aussi parce qu'on gagne une année en se présentant à cet examen spécial au lieu de l'examen de maturité.

Les études à l'Académie technique royale sont peu onéreuses : elles ne coûtent que 100 kronas (environ 115 marks) par an jusqu'à la première partie de l'examen et après cela 40 kronas par an. A cela viennent s'ajouter les frais d'inscription aux examens et les dépenses pour les livres, etc. (Un certain nombre d'élèves jouissent de la gratuité des études et de subsides.)

Il va de soi que l'Etat alloue un subside annuel considérable : il se monte à environ 300,000 kronas (350,000 marks environ).

Les dépenses de l'Etat par élève vont toujours en diminuant. Elles étaient dans les années 1839-1849 de 7,550 kronas; en 1849-1859, de 5,360 kronas; en 1859-1869, de 3,300 kronas, et dans la dernière période décennale, 2,590 kronas.

En ce qui concerne l'administration de l'Académie technique, elle appartient sous certains rapports à l'Université. Ainsi, par exemple, tout ce qui a trait à la comptabilité est du ressort de la questure de l'Université; certains professeurs de celle-ci ont pour obligation de faire des cours à l'Académie technique et un certain nombre d'élèves de l'Université viennent suivre divers cours donnés à l'Académie.

Quant au reste, l'Académie technique est une institution autonome, à la tête de laquelle se trouve un directeur qui la dirige en commun avec un conseil de professeurs. Le titulaire du poste de directeur ne change pas tous les ans, contrairement à ce qui a lieu à l'Université, et ceci est très rationnel. En effet, le nouveau directeur doit mettre un temps assez long pour se familiariser avec les fonctions qu'implique une administration aussi importante; or, à peine y est-il parvenu qu'il doit déjà quitter son poste s'il ne l'occupe qu'un an. Ce qu'il voudrait introduire de nouveau, il ne pourrait tout au plus que le préparer, et encore n'est-il pas certain que son successeur, généralement d'une spécialité et de vues toutes différentes, sera l'homme

qu'il faut pour continuer sa tâche. Le danger que le directeur nommé à vie conserverait ses fonctions jusqu'à un âge trop avancé a jusqu'à présent été heureusement évité. Le professeur Jul. Thomsen s'est retiré de ses fonctions en pleine vigueur et le directeur actuel a obtenu l'introduction dans le nouveau règlement de l'article, sanctionné par le Conseil des professeurs et par le gouvernement, d'après lequel le directeur est nommé par le Roi pour une période de cinq ans, mais il est rééligible. Ainsi la façon dont se fait la gestion de l'Académie doit être considérée comme tout à fait suffisante.

Il est dit dans l'invitation au présent Congrès que les études préparant à la carrière de l'ingénieur sont régies par des programmes très anciens et que depuis leur élaboration des branches nouvelles, des spécialités nouvelles sont nées avec une grande rapidité; notre Académie technique, en ce qui la concerne, ne peut se rallier à cet avis.

Elle a, au contraire, suivi sans relâche le progrès, elle a introduit l'une après l'autre de nouvelles branches, créé l'un après l'autre de nouveaux laboratoires, pris de nouvelles mesures, élaboré de nouveaux programmes, etc., de telle sorte que le nouveau règlement, sanctionné par le Roi le 28 décembre 1909, et le nouveau programme, ainsi que l'enseignement tout entier sont tout à fait à la hauteur du moment.

L'Académie technique peut donc se réjouir non seulement de l'estime de la population et de l'appui du gouvernement et du parlement, mais aussi de la considération dont les ingénieurs diplômés par elle jouissent à l'étranger, notamment aux Etats-Unis de l'Amérique du Nord, où beaucoup d'entre eux ont été employés ces dernières années.

Toutefois, il va de soi qu'un Congrès comme celui-ci peut être d'une grande utilité, car l'Institution se rend parfaitement compte qu'on doit perfectionner sans trêve et que ce qui est excellent aujourd'hui devra sans doute être modifié dans le délai d'un an, et quoique, pendant leurs fréquents voyages à l'étranger, les professeurs de l'Académie technique cherchent à se tenir au courant des progrès en matière d'enseignement, de nouvelles impulsions peuvent toujours être nécessaires qui seront le résultat d'un

Congrès comme celui-ci. Une question, par exemple, qui n'a pas encore été résolue chez nous est celle relative à la création du grade de docteur pour les ingénieurs.

Si l'Académie technique royale de Copenhague croit être à la hauteur du moment, cela est dû en première ligne à l'excellent directeur actuel, M. G.-A. Hagemann. Ce n'est pas ici le lieu de signaler ce qu'on lui doit au point de vue du progrès technique ou ce qu'il a fait au Danemark pour



Fig. 5.

l'industrie, pour la ville de Copenhague et pour les œuvres de bienfaisance; nous nous bornerons seulement à signaler que, depuis sa nomination, en 1902, au poste de directeur de l'établissement, il a favorisé avec la plus grande énergie son développement et sa prospérité, qu'il venait en aide aux étudiants de toutes les manières et qu'il laissera un souvenir grandiose, inoubliable, pour avoir fait ériger en 1907 un édifice imposant ayant coûté environ 650,000 kronas (environ 730,000 marks), destiné à servir de logement à cinquante étudiants et étudiantes, polytechniciens pour la plupart. (Voir fig. 5.)

H.-J. HANNOVER.

CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE SUPÉRIEUR

Rapport sur l'Enseignement pratique

à l'Académie Technique Royale à Copenhague

par M. H.-J. HANNOVER

Professeur à l'Académie

Directeur du Laboratoire de l'Etat Danois pour l'essai des matériaux
à Copenhague.

J'ai l'honneur d'exposer à la deuxième section du Congrès international la situation de l'unique Ecole technique supérieure du Danemark, l'Académie technique (Ecole polytechnique) de Copenhague, dont la création et le développement se trouvent décrits dans mon compte rendu succinct donné à la première section du Congrès.

Les élèves de l'Académie suivent les études de l'une des quatre spécialités que nous désignerons ici brièvement sous les dénominations de chimistes (appelés à l'Académie « Fabrikingenieure »), ingénieurs mécaniciens, ingénieurs constructeurs, électriciens.

Il existe une différence entre l'enseignement des ingénieurs mécaniciens déclarant choisir la construction des machines comme thème de leur travail pour l'obtention du diplôme et celui des ingénieurs mécaniciens choisissant la construction des navires comme thème de ce travail. De même, l'enseignement donné aux ingénieurs constructeurs varie selon qu'ils déclarent choisir la stabilité des construc-

tions et la construction métallique ou bien la construction des routes ou encore l'architecture hydraulique. Il en est de même pour les ingénieurs électriciens, selon qu'ils choisissent pour travail de diplôme les installations à courant à haute tension ou celles à courant à faible tension.

En ce qui concerne les ingénieurs mécaniciens, la modalité de l'enseignement réside non seulement en ce que ceux qui ont choisi la construction des navires apprennent davantage cette matière, mais encore en ce qu'ils apprennent de la construction des machines et encore moins de technologie mécanique que les autres. En ce qui concerne les ingénieurs constructeurs la différence réside en ce qu'ils doivent suivre, en outre des cours communs pour tous, des cours approfondis sur la matière qu'ils désirent choisir comme matière d'examen. Pour les ingénieurs électriciens qui choisissent comme matière d'examen les installations à courant à faible tension, quelques exercices de construction et de laboratoire sur la technique du courant à haute tension sont remplacés par des exercices sur la technique du courant à faible tension.

On trouvera plus loin des indications sur la manière dont sont exécutés à l'Académie les exercices de construction et de laboratoire sur les branches techniques, ainsi que sur l'organisation des visites dans les usines, des excursions, et de l'enseignement au laboratoire pour ingénieurs mécaniciens et électriciens.

I. — Exercices pratiques

Des exercices pratiques ont lieu sur les matières suivantes :

- a) Statique des constructions et constructions métalliques;
- b) Étude des machines;
- c) Construction des navires;
- d) Géodésie et nivellement;
- e) Construction des routes;
- f) Architecture hydraulique;

- g) Electrotechnique ;
- h) Construction des édifices ;
- i) Chauffage et ventilation ;
- k) Hygiène communale ;
- l) Chimie industrielle.

Dans ce qui suit on trouvera des renseignements sur les exercices relatifs à chacune des branches énumérées ci-dessus.

A. — STABILITÉ DES CONSTRUCTIONS ET CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES

Les exercices pratiques sur cette branche ont principalement lieu dans la salle de dessin et visent, conformément au caractère de la branche, deux buts distincts, à savoir de fournir à l'élève l'occasion : 1^o d'approfondir plusieurs exemples numériques comme application de la théorie exposée au cours, et 2^o d'appliquer la théorie à des constructions réelles et de développer par là, si possible, le sentiment constructif.

Il serait à peine possible d'atteindre le premier but dans la mesure voulue avec le peu de temps dont on dispose, si les leçons (et les interrogations) et le travail dans la salle de dessin étaient les seules formes d'enseignement utilisées, mais il vient s'y ajouter un chaînon intermédiaire très nécessaire et très utile pour le but visé — si on lui donne l'extension voulue, — c'est le *problème à résoudre (devoir) hebdomadaire*, combiné avec des interrogations. Ayant eu ainsi l'occasion de résoudre des problèmes simples se rattachant exactement à la théorie générale exposée au cours, les élèves n'éprouveront plus de difficultés notables quand ils auront à traiter dans la salle de dessin des exemples numériques, et par suite on ne sera pas obligé de poser un grand nombre de problèmes variés de la première catégorie.

Le deuxième but visé ne peut évidemment être atteint qu'en ce sens qu'on pose quelques problèmes peu nombreux traitant les cas isolés, les plus fréquents, des constructions métalliques.

En ce qui concerne l'exécution des exercices, il est de

règle que tous les élèves doivent faire la même série de problèmes; toutefois *des valeurs numériques différentes sont intercalées pour chaque élève dans les énoncés identiques quant au reste*; les énoncés des problèmes sont remis sur des feuilles imprimées qui réservent en blanc la place pour les données numériques différentes pour chaque élève.

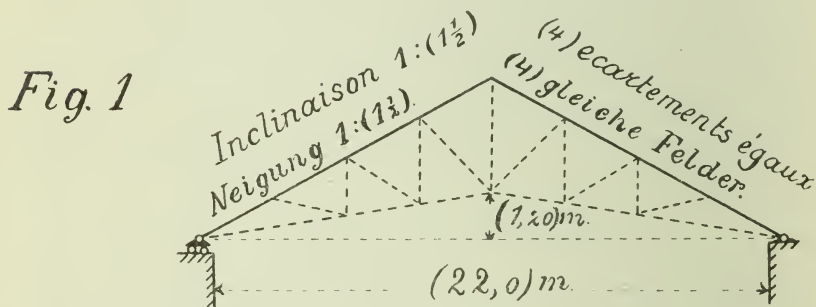
Aux ingénieurs constructeurs et mécaniciens on pose les problèmes suivants :

1. — CONSTRUCTION D'UNE FERME DE TOITURE AVEC LES PARTIES ACCESSOIRES DE CELLE-CI, PANNES ET CONTREVENTEMENTS. — Sur le modèle de formulaire ci-après on voit ce qui est donné et ce qu'on demande; les indications entourées de parenthèses et cursives (nombres, etc.) et les parties pointillées de la figure sont différentes pour chaque élève.

PROBLÈME I

Stabilité des constructions et constructions métalliques.

Un local de 22 mètres entre parements intérieurs des murs doit être recouvert d'une toiture (*en ardoises*). La



forme des maîtresses-fermes résulte de la figure ci-contre, la distance entre fermes est de 3^m50. On demande de déterminer les dimensions (pour les pannes également) et de fournir un dessin des détails de la ferme à l'échelle de 1/10. L'exposé écrit accompagnant le dessin doit contenir: 1° la description de la construction métallique; 2° l'indication des poids; 3° les calculs. On indiquera aussi les poids

partiels par mètre carré de la projection horizontale, des fermes, pannes et entretoises, puis le poids total correspondant.

Format du dessin 50×70 cm. . Le / 19 .

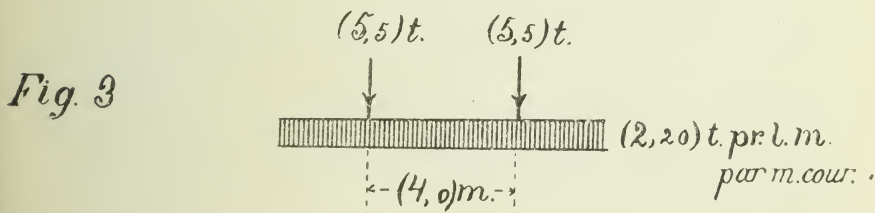
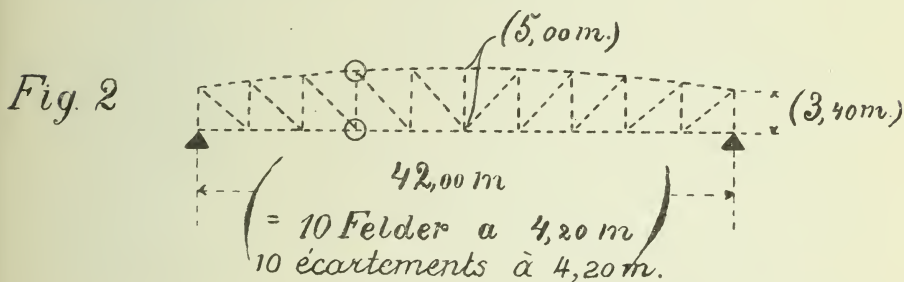
En outre de l'exposé écrit signalé dans le formulaire, l'élève a à fournir une feuille de dessins montrant la détermination graphique des tensions correspondantes au poids propre, à celui de la neige et à la pression du vent, montrant ensuite le calcul graphique des pannes et enfin un dessin de détail avec dimensions indiquées (exactement comme cela se fait pour un dessin d'exécution complet).

2. — CALCUL DES EFFORTS DANS LES BARRES ET ÉTUDE DÉTAILLÉE DE QUELQUES NŒUDS D'UNE POUTRE DE PONT EN TREILLIS. — Dans le modèle de formulaire ci-après, la figure pointillée et tous les nombres entre parenthèses et en cursive varient d'un problème à l'autre.

PROBLÈME II

Stabilité des constructions et constructions métalliques.

Un pont-route est supporté par deux longerons en treillis de la forme ci-contre, de 42 mètres de portée, appuyés simplement aux deux extrémités. La charge fixe est de 2^m80 par mètre courant; la charge roulante (train de



Le tablier est inférieur.

On demande de faire la détermination graphique et par le calcul des tensions et des dimensions des sept barres aboutissant aux deux nœuds désignés au schéma. On demande ensuite de faire le calcul détaillé ainsi qu'un dessin à l'échelle de 1/10 de l'assemblage aux deux nœuds signalés.

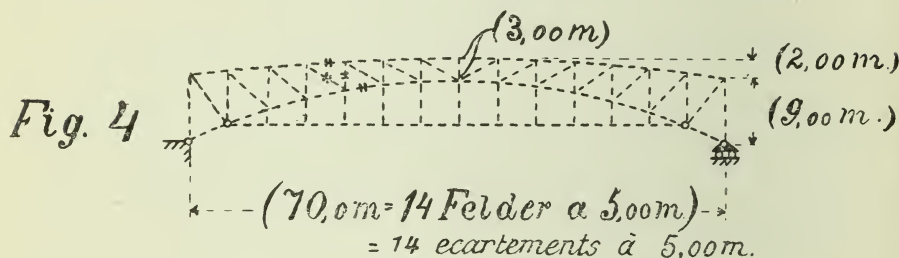
Format du dessin 50×70 cm. Le / 19 .

La formule montre suffisamment ce qui est donné et ce qui doit être exécuté et fourni. La partie pratique du problème ne doit naturellement être considérée que comme un exercice d'assemblage des divers types de profils.

PROBLÈME III

Stabilité des constructions et constructions métalliques.

Pour la poutre représentée à la figure ci-dessous, on doit déterminer les tensions maxima et minima, mais



seulement dans les barres ou nœuds marqués spécialement (s'il s'agit d'une poutre à âme pleine, sur les sections transversales de laquelle s'exercent des moments fléchissants et des efforts normaux, on aura à déterminer aussi les dimensions des sections transversales étudiées). La charge fixe est de 3.6 t. par mètre courant. Comme charge roulante, on supposera le train de charge d'essai mentionné dans la *Statistique Technique*, I (pour ponts-rails).

Les lignes d'influence relatives aux surcharges sont à déterminer au moyen des diagrammes des moments fléchissants et des efforts tranchants et doivent être vérifiées par la méthode de la poutre mobile (ou éventuellement par le calcul direct des ordonnées par la théorie des déformations élastiques).

Variation de température : $\pm 35^{\circ}$.

Format du dessin 50×70 cm. Le / 19 .

On a à remettre une feuille avec les constructions graphiques et les lignes d'influence des barres considérées ; les efforts dus aux charges fixe et mobile et déterminés au moyen des lignes d'influence seront indiqués sur le dessin. On présentera aussi une notice donnant les calculs.

4. — POUR INGÉNIEURS CONSTRUCTEURS. (PONT-RAIL MÉTALLIQUE). — La forme du problème ressort du modèle de formule ci-après (des formules analogues existent aussi pour ponts-routes). (Les données numériques varient d'un problème à l'autre, comme indiqué ci-dessus.)

PROBLÈME IV. — PONT-RAIL

Stabilité des constructions et constructions métalliques.

On doit construire un pont à *une* travée pour un chemin de fer à voie unique (voie normale). Le pont est *droit* et sa pente est 1/00.

Disposition générale : Deux poutres principales (poutres parallèles en treillis). Le tablier est *inférieur*. Les rails sont posés sur *traverses en bois*.

Dimensions principales : Portée : 32 mètres = 10 panneaux de 3^m20. Cote des rails : au milieu + 24^m650. Hauteur de l'ouvrage : 0^m90. Écartement d'axe en axe des poutres principales : 4^m90.

On doit indiquer : le principe de la disposition de la construction principale, le calcul des tensions, la détermination des dimensions et la représentation schématique des résultats obtenus lors de la détermination des dimensions de tout l'ouvrage ; on doit ensuite présenter un dessin détaillé montrant : 1^o la construction de la voie normale ; 2^o l'ouvrage principal, portant la voie, en entier ou en partie, selon indication spéciale ; 3^o détails spéciaux (appuis, têtes de piles et culées, etc.), également suivant indications spéciales.

La notice contiendra : 1^o une description ; 2^o liste des matériaux et devis ; 3^o calculs. Les calculs relatifs à la détermination du poids du métal ne sont à exposer en

détail que pour la partie de la superstructure pour laquelle on a fait un dessin détaillé, et on déduira un ou plusieurs coefficients de construction de la comparaison des poids réel et théorique de cette partie, lequel coefficient servira pour la détermination du poids de tout l'ouvrage.

Format du dessin 50×70 cm. ou 70×100 cm. feuille pliée en deux.

Le dessin détaillé comportera :

1° Comme indiqué ci-dessus;

2° *Panneau 0.2 de la poutre principale et du contreventement;*

3° *L'appui fixe.*

Le / 19 .

Par cette formule, on voit ce qui est demandé. Etant donné que le temps disponible est limité, le dessin détaillé et les calculs des assemblages et des autres parties seront faits seulement pour la voie de roulement normale, pour un ou deux panneaux de la construction principale (poutres principales et contreventement avec entretoises s'y rattachant) et, suivant les cas, un appui, une articulation, un raccord aux piles et culées, etc.

Les *ingénieurs mécaniciens* reçoivent comme quatrième problème soit un pont de chemin de fer, soit (plus souvent) une autre construction en métal, telle, par exemple, charpente de grue, construction de toitures, constructions métalliques en treillis, passerelles, etc.

Les *ingénieurs électriciens* ont à faire trois problèmes plus élémentaires, dont le dernier est relatif à la construction d'une ferme de toiture, exactement comme dans le problème 1 ci-dessus pour ingénieurs constructeurs et ingénieurs mécaniciens.

Les exercices mentionnés jusqu'ici sont relatifs *au cours ordinaire normal*, qui doit être suivi par tous les élèves; ils ont lieu : pour les ingénieurs constructeurs et ingénieurs mécaniciens, aux sixième et huitième semestres, pendant six jours par semaine, et prennent en tout douze semaines; pour les ingénieurs électriciens, pendant toute la durée du sixième semestre, deux jours par semaine.

Les problèmes achevés sont examinés et cotés lors de

l'épreuve finale, comme cela a d'ailleurs lieu aussi pour la plupart des autres branches enseignées à l'Académie royale.

Les ingénieurs constructeurs qui choisissent comme branche principale la statique des constructions et les constructions métalliques ont, en outre, à consacrer environ quatorze semaines dans le courant des huitième et neuvième semestres à un projet plus important (travail de diplôme) qui doit être achevé dans un délai strictement déterminé et qui comporte, d'une part, un projet général donnant la disposition d'ensemble et les dimensions principales, d'autre part, un projet détaillé d'une partie de l'ouvrage. Généralement, le problème est relatif à un pont et, suivant le problème choisi, on a à traiter dans le projet détaillé une construction en fer ou en béton armé; il peut se faire aussi que tout le travail (projet) soit relatif à une construction en métal ou en béton armé prise dans un autre domaine.

B. — ÉTUDE DES MACHINES

Ces exercices sont de même genre que ceux exécutés habituellement dans les Écoles techniques supérieures. Les ingénieurs mécaniciens ont à faire ces exercices pendant sept mois, quatre fois par semaine, dans le courant du sixième et du septième semestres. Les ingénieurs constructeurs consacrent à ces exercices six jours par semaine pendant deux mois du sixième semestre et les ingénieurs électriciens un jour par semaine pendant toute la durée des sixième, septième et huitième semestres.

A cela vient s'ajouter le travail de diplôme, dont l'exécution prend trois mois pour ceux des ingénieurs mécaniciens qui désirent subir une épreuve sur la spécialité de construction de machines.

C. — CONSTRUCTION DES NAVIRES

Les exercices auxquels ne prennent part que les ingénieurs mécaniciens ont lieu dans le courant des septième et huitième semestres, pendant une durée totale de six

semaines ; à cela viennent s'ajouter trois mois environ pour l'exécution du travail de diplôme pour ceux des ingénieurs mécaniciens qui auront choisi un projet de construction navale comme sujet de ce travail. Il est à signaler aussi que les ingénieurs mécaniciens de cette catégorie consacrent une partie assez notable de la durée des cours à l'étude et à la solution de problèmes faciles relatifs aux constructions navales dont ils exécutent une partie à domicile. Les exercices doivent alors leur avoir donné une certaine habileté dans la composition de projets de navires de petite ou moyenne dimensions.

D. — GÉODÉSIE ET NIVELLEMENT

Cette branche est enseignée seulement aux ingénieurs constructeurs.

L'enseignement pratique comporte :

a) Des exercices de calcul et graphiques qui ont lieu en mars et en avril dans le sixième semestre et qui se rattachent à l'enseignement théorique ; lors de ces exercices on apprend aux élèves l'exécution et la disposition des calculs relatifs à l'arpentage et au nivellement, les calculs pour la rectification des erreurs, la tenue du journal (carnet) des opérations géodésiques et la construction des cartes.

b) Des exercices d'arpentage et de nivellement sur le terrain et des exercices de calculs et graphiques y relatifs, journallement du 24 juin au 31 juillet. Depuis la création à l'Académie des cours pour ingénieurs constructeurs, ces exercices ont lieu dans le « Jaegersborger Tiergarten », cet emplacement se prêtant fort bien à ces exercices, tant par sa grande étendue (plus de 1,000 hectares) et par la nature accidentée du sol que par la beauté de la nature environnante. Les calculs et les constructions relatifs aux opérations sur le terrain sont exécutés dans un édifice situé là même et qui sert, pendant la période des exercices, à y déposer les instruments employés lors des exercices. La durée des exercices quotidiens est de sept à huit heures. Les élèves sont partagés en groupes de dix à douze, et chacun de ces groupes exécute la série d'exercices sous la

direction d'un assistant : triangulation, mesures de polygones, mesures de lots de terre, nivellement de lignes et de surfaces, mesure de distances, mesures tachéométriques, avec les calculs et constructions y relatifs. On cherche surtout à familiariser les élèves avec l'usage et la vérification des appareils, ainsi qu'avec l'exécution des opérations d'arpentage et de nivellement d'après les méthodes employées habituellement dans le pays, dans la pratique de l'ingénieur constructeur. Par contre, les instruments rarement employés, ainsi que les méthodes moins fréquemment appliquées, font l'objet d'un examen très rapide.

Au total on consacre à peu près 250 heures à l'enseignement pratique, dont un tiers pour les exercices de calcul et de construction et deux tiers pour les opérations sur le terrain.

Après la fin des exercices, les épreuves pratiques d'arpentage et de nivellement ci-après sont à faire dans le courant des mois d'août et de septembre :

1° Exécution de la carte d'un terrain de 25 hectares environ, avec indication des courbes de niveau. La carte sera établie lors des exercices de géodésie et est dessinée au net à l'Académie sous la surveillance du professeur (du 15 septembre au 31 octobre ;

2° Nivellement d'une ligne d'environ 2,000 mètres de longueur. L'élève dispose de trois jours pour le piquetage, la mesure et le jalonnage de la ligne et de trois autres jours pour la vérification de l'instrument et le nivellements. Une table indiquant les distances et les cotes des points nivelés est à présenter immédiatement après la fin des opérations sur le terrain ; le carnet de nivellement complet (mesures et calcul des cotes) est à remettre en même temps que la carte signalée sous 1° ;

3° Nivellement double d'une ligne de 600 mètres environ de longueur jalonnée au préalable et située sur un terrain plus ou moins plat. Le travail est exécuté au mois d'août. Cinq heures sont données pour la vérification de l'instrument et pour l'exécution du nivellement. L'épreuve est surveillée et les cotes notées sont remises aussitôt après la fin du travail ;

4° Arpentage d'un terrain de 80 hectares environ. On mettra, à la base des opérations de mesure, une triangulation dont les sommets peuvent être situés en partie en dehors du terrain à mesurer. Le travail sur le terrain, qui peut être commencé dans la seconde moitié du mois d'août, devra être terminé au 1^{er} octobre de la même année. L'achèvement des calculs et des constructions relatifs à l'arpentage, ainsi que le tracé de la carte (à l'échelle de 1/2000) se font à l'Académie sous la surveillance du professeur (du 15 septembre au 31 octobre). On devra remettre, en même temps que le tracé définitif de la carte, les tracés originaux faits pendant les opérations, ainsi qu'un croquis du réseau linéaire servant de base à la détermination, et le calcul des coordonnées des points principaux.

L'exactitude de cette carte est vérifiée par un procédé de vérification de cartes basé sur la méthode des moindres carrés (vérification de cartes d'après Oppermann). La précision des nivellements d'épreuve est contrôlée également par une mesure vérificative sur le terrain.

E. — BRANCHES RELATIVES A LA CONSTRUCTION DES ROUTES

CONSTRUCTION DES ROUTES, DES PONTS ET DES CHEMINS

DE FER

L'enseignement pratique de ces branches embrasse une série de problèmes, une épreuve de tracé, un projet de détail pour des terrassements de chemin de fer, ainsi qu'un avant-projet de petit pont; ce dernier exercice peut éventuellement être remplacé par d'autres exercices de construction d'ouvrages en maçonnerie et en bois.

Tous les élèves reçoivent des problèmes différents, avec cette seule exception que pour les exercices de tracé ils sont deux à faire le même problème. D'un autre côté, ils travaillent autant que possible simultanément à des problèmes analogues, mais avec données numériques diffé

rentes pour chacun. Le professeur peut en conséquence donner les explications préalables aux exercices à toute une classe, et les élèves peuvent, pendant l'exécution du travail, s'entraider et compléter ainsi les indications que le professeur donne à chacun d'eux individuellement lorsqu'une difficulté se rencontre. Etant donné le nombre d'élèves d'une section (50 environ), chacun d'eux peut à peine compter sur plus d'une conversation quotidienne avec le professeur ou avec l'assistant; il en résulte que les explications que les élèves se donnent mutuellement sont d'une grande utilité.

Les énoncés des problèmes à faire sont imprimés sur des formules à compléter. Dans les exemples qui suivent sur la série normale d'exercices, les nombres et les cotes qui varient d'un élève à l'autre sont indiqués en *caractères cursifs*.

PROBLÈME I

a) Dessin à l'échelle de 1/50 du profil en travers d'une route de 7^m50 de largeur avec une chaussée de 5 mètres de largeur. La route sera formée d'une couche supérieure de *gravier de granit* de 13 centimètres d'épaisseur et d'une couche de fond de *silex* de 10 centimètres d'épaisseur, soit en tout une épaisseur moyenne de 23 centimètres.

Du côté gauche de la chaussée, on fera un accotement de 1^m25 de large.

Du côté droit de la chaussée, on fera un *trottoir surélevé* de 1^m25 de large pour piétons.

La route sera bordée de deux *fossés de 0^m60 de profondeur, mesurée au-dessous du bord le plus bas de la chaussée*.

Le dessin sera accompagné d'une description avec énumération des matériaux, d'un devis estimatif des frais pour l'établissement d'un kilomètre de route et d'une table de calcul des terrassements.

b) Dessin et description, avec devis estimatif, d'un aqueduc en *béton*, à section circulaire, de 60 centimètres de diamètre, avec têtes en *granit*. La pente est de 25 p. c. Le fond de l'aqueduc se trouve à 1^m75 sous l'assiette de la

route et à 0^m85 sous le niveau du terrain naturel, ces mesures étant prises dans l'axe de la route.

PROBLÈME II

a) Construction et calcul de la superstructure d'une ligne de chemin de fer. Largeur de la voie, 1^m435, charge maxima de roue $P = 5,5$ t., vitesse de marche maxima $V = 40$ kilomètres à l'heure. La superstructure est formée de rails Vignole sur traverses en bois.

La fatigue des rails peut être calculée par la formule $M =$ dans laquelle P et E sont exprimés en kilogrammes, et l (écartement des traverses), g (accélération de la pesanteur), V (vitesse par seconde), I (moment d'inertie du rail) en centimètres cubes. On obtient le moment fléchissant en kg/cm. La fatigue admissible pour le métal sera prise de 1,000 kilogrammes environ par centimètre carré pour le rail et de 1,200 kilogrammes environ par centimètre carré pour les éclisses. La longueur normale des rails est de 10 mètres.

Le dessin du profil du rail et de l'éclisse sera fait en vraie grandeur. On devra en outre fournir le dessin d'un joint de rails à l'échelle de 1/2 et un schéma de distribution des traverses sur la longueur normale d'un rail à l'échelle de 1/50.

On indiquera sur le dessin le poids des rails avec pièces d'assemblage par rail pour la longueur normale du rail et par kilomètre de voie.

b) Planche représentant à l'échelle de 1/50 le profil en travers d'une voie de chemin de fer simple, correspondant à la superstructure décrite ci-dessus, la largeur de la base de celle-ci étant 4^m50, avec description et devis pour un kilomètre de superstructure avec table pour le calcul des volumes de terres, en faisant abstraction de la pente transversale, pour des profondeurs de déblais et hauteurs de remblais de 0^m25 et 0^m05 d'intervalle.

PROBLÈME III

Une rue A de 20 mètres courant de largeur de 5 p. c. de rampe coupe sous un angle de 85° (entre les directions

montantes) une rue B de 16 mètres de largeur et de 10 p. c. de rampe.

La rue A est du profil *récent* de Copenhague. Sa chaussée est formée d'un *pavage sur fondation de gravier*. Son trottoir est constitué de *deux rangs de plaques de béton et un pavage ordinaire*.

La rue B est du profil *ancien* de Copenhague. Sa chaussée est formée d'un *pavage sur fondation de sable*. Son trottoir est formé d'un *rang de pierres calcaires de 35 centimètres de largeur et d'un pavage ordinaire*.

Au croisement les angles des maisons sont à abattre normalement à la bissectrice de l'angle en un pan coupé d'une largeur de 2^m50.

On présentera un plan du croisement des rues à l'échelle de 1/100 avec indication des hauteurs, et les profils des deux rues à l'échelle de 1/50, ainsi que la description et un devis du pavage entre les sections transversales des rues tracées par les sommets les plus éloignés des pans coupés des maisons.

Pour montrer les cotes dans les croquis, on se servira de lignes de niveau distantes l'une de l'autre de 2 centimètres.

PROBLÈME IV. — TRACÉ DE CHEMIN DE FER

Une ligne *légère* de chemin de fer à *simple* voie, d'une largeur de voie de 1^m435, doit être construite entre les stations *Stenløse* et *Raskilde*.

Sans motif spécial, on ne doit pas dépasser la pente de 10 p. c. en alignement et le rayon des courbes ne doit pas être inférieur à 500 mètres en pleine voie. On fera un avant-projet de la ligne pour le tronçon entre *Stenløse* et *Gundsømagle*.

La fixation du tracé de la ligne de chemin de fer sera faite par les deux récipiendaires à l'aide de la carte de l'état-major, et éventuellement ils auront à faire une reconnaissance sur place; avant l'établissement de l'avant-projet des détails, on devra élaborer un exposé des motifs ayant régi le choix du tracé, on l'accompagnera des cartes

et profils nécessaires, parmi lesquels le profil en long à l'échelle de 1/20,000 pour les longueurs et de 1/500 pour les hauteurs et des profils en travers à l'échelle de 1/50.

Ensuite chacun des récipiendaires a à élaborer indépendamment de l'autre un avant-projet détaillé d'une partie spécialement désignée de l'infrastructure de la ligne.

Généralement, on partage une ligne assez longue en sections de 4 à 6 kilomètres de longueur qu'on distribue entre un grand nombre de récipiendaires partagés en groupes de deux; les sections se terminent à des stations dont l'emplacement peut faire l'objet d'un débat entre les groupes ayant des stations communes. Tous les tracés étudiés doivent être indiqués sur les cartes, et l'on doit construire leurs profils en long, tandis que le dessin de l'assiette et le calcul des terrassements ne se feront que pour les tracés reconnus les meilleurs. Des devis comparatifs sont toujours à faire, et, si besoin en est, on établit par le calcul la consommation de charbon. Comme on ne peut ici se procurer des statistiques de la population devant servir de base pour le calcul des recettes prévues, il est évident qu'on se guidera dans le choix du tracé par la disposition du terrain et les frais d'exploitation; cette façon de traiter le problème est fatalement différente de celle adoptée dans la bonne pratique.

Le groupement des étudiants par deux, pour l'exécution du quatrième exercice, se fait avant qu'on pose le deuxième problème, ce qui fait que les superstructures, profils en travers et table des calculs des terrassements exécutés pour le dernier peuvent aussi servir pour le premier.

PROBLÈME V. — AVANT-PROJET DES DÉTAILS

L'avant-projet des détails de l'infrastructure de la ligne étudiée à l'exercice 4 se fait habituellement pour 1 kilomètre, indiqué par le professeur, pour chaque élève. Le travail d'examen est exécuté en prenant pour base un agrandissement à 1/2,000 de la carte de l'état major (qui tient lieu de relevé) et d'après des cotes fictives concordant avec les lignes de niveau de la carte et tenant lieu de

nivellement. Une table des cotes est à dresser, son exactitude devra être attestée par le professeur avant l'élaboration du travail d'examen.

Jusqu'à présent, le profil en long est dessiné à l'échelle de $1/2,000$ pour les longueurs et de $1/100$ pour les hauteurs, et le calcul des terrassements se fait graphiquement; on se propose cependant d'adopter pour les hauteurs l'échelle de $1/200$ et de faire les calculs d'après les tables afin de gagner du temps. On aura à ébaucher un projet plus important de distribution de rampes et pentes (ou de tracé de rues) à l'échelle de $1/500$.

PROBLÈME VI. — AVANT-PROJET DE PETIT PONT
(PONCEAU)

Le problème est posé par écrit, il est différent pour chaque élève et est relatif à un petit pont-route ou pont-rail; la disposition du terrain est donnée sans indications, toutefois, sur le type de pont, que l'élève choisira lui-même en motivant son choix. La superstructure (éventuellement plusieurs à choisir) est à traiter très sommairement et l'on attachera la plus grande importance à la construction des piles et des culées. Cette forme du problème a été choisie primitivement dans le but de fournir au récipiendaire l'occasion de réunir en un tout les diverses parties d'un travail d'ingénieur.

Cependant, comme on peut s'attendre à ce que le problème d'examen, récemment introduit, mais non encore éprouvé, fournisse suffisamment l'occasion à l'étudiant d'associer les détails à un ensemble, et, comme le temps dont on dispose pour l'avant-projet est très restreint, il est à prévoir que ce problème sera prochainement remplacé par deux exercices, dont l'un pourra être relatif à la construction d'une pile de pont et de culées, la superstructure et la structure du terrain étant données, tandis que l'autre comportera une construction simple en bois, un pont provisoire ou, enfin, un échafaudage.

Tous les exercices signalés sont communs à tous les ingénieurs constructeurs et sont présentés et cotés lors de l'examen comme indiqué au programme des examens.

Pour ceux des ingénieurs constructeurs qui choisissent la construction des routes comme branche principale, les exercices se terminent par un projet combiné plus important (travail de diplôme) qui doit être achevé dans un délai limité d'après les indications du programme des examens. Le thème de ce projet est emprunté au domaine de la construction des rues, des routes ou des chemins de fer ; la solution générale du problème exige la production des croquis des constructions les plus importantes relatives au projet, abstraction étant faite de ce qu'elles pourraient toucher le domaine d'autres ingénieurs. L'étude détaillée des particularités signalées du projet aura toujours pour objet principal des questions spéciales relatives à la construction des routes.

Les branches relatives à la construction des routes, s'occupant dans une très large mesure des phénomènes quotidiens des « Rues et Ruelles » et des exemples de travaux y relatifs qui se présentent pour ainsi dire journellement dans une ville comme Copenhague, c'est chose facile de renvoyer les élèves durant tout l'enseignement à des exemples pratiques qu'ils peuvent facilement observer. La reconnaissance du terrain, à faire éventuellement à l'occasion du tracé et préalablement au choix définitif de la ligne, est généralement faite par les élèves et donne de bons résultats, quoiqu'il ne soit pas possible au professeur de les assister, puisque les problèmes se rapportent à un terrain très vaste et que le nombre des élèves est considérable.

F. — BRANCHES RELATIVES AUX CONSTRUCTIONS HYDRAULIQUES

Pour ce qui est de ces branches, ne concernant que les ingénieurs constructeurs, les exercices de construction sont organisés de la même manière. Cela nous mènerait trop loin d'en donner l'exposé détaillé.

G. — ÉLECTROTECHNIQUE

Seuls, les ingénieurs électriciens ont des exercices de construction sur cette branche, auxquels ils consacrent deux jours par semaine dans le courant des septième et

huitième semestres. Il faut y ajouter encore le travail de diplôme qu'ils exécutent pendant les huitième et neuvième semestres et qui prend en tout trois mois environ.

H. — CONSTRUCTION DE MAISONS

Les ingénieurs constructeurs consacrent, pendant un semestre, deux heures de leçons par semaine à l'étude et à l'exécution des constructions les plus importantes se rencontrant dans la construction de maisons en général.

A cela se rattachent, pendant un semestre, des exercices de dessin architectural et d'élaboration de devis.

Les chimistes, ainsi que les ingénieurs mécaniciens et électriciens, font des exercices de dessin architectural qui mettent les étudiants au courant des constructions architecturales les plus simples. Ces exercices prennent au total vingt à quarante jours.

I. — CHAUFFAGE ET VENTILATION

Seuls, les ingénieurs mécaniciens ont à faire des exercices de construction sur ces questions et notamment pendant un mois et demi, dans le courant du huitième semestre.

K. — HYGIÈNE PUBLIQUE (CONSTRUCTIONS SANITAIRES)

Jusqu'à présent, il n'a pas encore été fait d'exercices de construction sur cette question, mais, dès maintenant, les ingénieurs architectes auront à en faire pendant cinq semaines, dans le courant du huitième semestre, et l'on se propose de leur poser trois problèmes, à savoir : un projet général, un détail et un plan de canalisation domestique. Le projet général sera relatif soit à une installation d'assèchement, soit à l'établissement d'un réseau de distribution d'eau ou de gaz.

L. — CHIMIE INDUSTRIELLE

Seuls, les chimistes ont à faire des exercices sur cette branche, puisqu'ils doivent faire comme travail de diplôme le projet d'une usine chimique. Ils y consacrent un jour par semaine pendant la durée de tout le huitième semestre.

II. — Travaux de laboratoire

Les branches techniques sur lesquelles on fait des travaux de laboratoire sont en partie identiques, en partie différentes de celles pour lesquelles on fait des exercices de construction.

En voici l'énumération complète :

- b)* Etude des machines ;
- g)* Electrotechnique ;
- i)* Chauffage et ventilation ;
- l)* Chimie industrielle et technologie chimique ;
- m)* Microscopie ;
- n)* Physiologie de la fermentation et
- o)* Etude des matériaux.

Nous allons exposer quels sont les exercices pour chacune de ces branches.

B. — ÉTUDE DES MACHINES

Preennent part aux exercices de laboratoire les ingénieurs mécaniciens, électriciens et architectes.

Les ingénieurs mécaniciens consacrent aux travaux de laboratoire un jour (trois heures) par semaine, pendant trente-cinq semaines en tout, dans le courant des cinquième, sixième, septième semestres ; les ingénieurs électriciens y consacrent un jour (trois heures) par semaine au sixième semestre, et les ingénieurs architectes seulement huit heures en tout, dans le courant du septième semestre.

Les exercices comportent :

- 1° Simples essais à l'indicateur ;
- 2° Examen et tarage de divers appareils de mesure ;
- 3° Essai d'indicateurs à chaud et à froid ;

4° Mesure d'aires par le planimètre et par la formule de Simpson ;

5° Analyse de gaz et de produits de la combustion ;

6° Essais calorimétriques de combustibles gazeux ;

7° Mesure du titre de la vapeur d'eau ;

8° Etude de la distribution par tiroir d'une machine à vapeur monocylindrique et dessin (de l'épure) de distribution ;

9° Recherche des défauts de la distribution par tiroir d'une machine à vapeur monocylindrique à l'aide du diagramme d'indicateur ;

10° Exercices avec le frein de Prony et le frein à bande ;

11° Essai simple de consommation sur une machine à vapeur monocylindrique et comparaison des résultats obtenus avec ceux précédemment calculés ;

12° Essai de consommation sur un moteur à gaz ;

13° Essai de consommation sur une turbine hydraulique (ceci comprend la mesure de résistance et la détermination du coefficient d'écoulement) ;

14° Essais complets d'une machine à vapeur monocylindrique ;

15° Essais complets d'un moteur à gaz ;

16° Essais complets d'un moteur Riesel ;

17° Essais complets d'un moteur à pétrole ;

18° Essais de chaudières à vapeur ;

19° Essais d'une machine à vapeur à plusieurs cylindres (ceci comprend des essais avec vapeur surchauffée) ;

20° Essais de pistons et de pompes centrifuges ;

21° Essais d'une installation de réfrigérant d'eau.

Les ingénieurs mécaniciens accomplissent le programme tout entier. Les ingénieurs électriciens font les exercices nos 1, 4, 11, 12, 18 et 19 sous une forme abrégée. Les ingénieurs architectes font les exercices 1 et 10.

Lors des exercices *préparatoires* les étudiants travaillent à deux ou à trois ; par contre, pour les exercices *plus spéciaux* ils sont partagés en groupes de 6 à 12. Les étudiants ont à faire un rapport sur tous les essais pour la rédaction duquel ils doivent se servir de formules imprimées qui leur sont remises. Ainsi trouve-t-on, par exemple,

comme annexe au programme détaillé de l'Académie technique, les comptes rendus sur un exercice de machine à vapeur monocylindrique et de moteur à gaz, tels qu'ils sont présentés par un élève faisant les exercices du troisième semestre.

G. — ELECTROTECHNIE

Les ingénieurs électriciens font des exercices de laboratoire sur la technique du courant à *haute* tension, comme c'est indiqué ci-dessous ; chaque jour comprend quatre heures d'exercice.

Un à deux jours par semaine au cinquième semestre : Introduction et exercices sur l'emploi des appareils et méthodes de mesure, ainsi que des essais élémentaires de machines à courant continu.

Deux jours par semaine au sixième semestre : Tarage des instruments, études relatives au magnétisme, mesure de la résistance des câbles, photométrie, étude complète de machines diverses à courant continu, travaux élémentaires relatifs au courant alternatif.

Deux jours par semaine au septième semestre : Essais d'accumulateurs, étude complète de transformateurs et des diverses espèces de machines à courant alternatif, autres exercices sur les courants alternatifs.

La moitié de ces exercices est supprimée pour ceux des élèves qui choisissent pour sujet de l'épreuve la technique du courant à faible tension, elle est remplacée par deux jours d'exercices par semaine sur la *Technique du courant à faible tension* durant la moitié du semestre suivant. Ces exercices consistent en des essais des appareils utilisés dans la télégraphie et la téléphonie, ainsi qu'en leur étude, et les mesures que cette étude comporte.

Les ingénieurs mécaniciens n'ont en tout que huit jours, à trois heures de travail, pour les exercices au laboratoire d'électrotechnie, notamment dans le cours du sixième semestre.

Les exercices au laboratoire d'électrotechnie, dont la liste complète comprend environ 150 problèmes différents, sont,

autant que faire se peut, exécutés par chaque élève individuellement; cependant les élèves se groupent par deux et même quatre pour les exercices plus complexes sur les machines électriques. Toutefois chacun des participants aux exercices devra en fournir un compte rendu personnel.

I. — CHAUFFAGE ET VENTILATION

Cette branche n'est obligatoire que pour les ingénieurs mécaniciens. Les exercices qui se faisaient jusqu'à présent sont actuellement introduits au huitième semestre pour ceux des élèves qui désirent faire des mesures avec les divers appareils de mesure et de contrôle cités dans les leçons du semestre précédent.

L. — CHIMIE INDUSTRIELLE

Ces exercices, que seuls les chimistes ont à faire quatre jours par semaine durant le huitième semestre, sont relatifs aux procédés employés dans la pratique pour l'examen des matières premières et des produits de fabrication, dont la valeur varie avec la composition, ainsi qu'aux procédés appliqués pour suivre le degré d'avancement de certaines réactions chimiques. Quand il y a lieu de le faire, des exercices sont exécutés sur l'application des procédés physiques de mesure. On s'exerce aussi à élaborer des plans d'étude.

M. — MICROSCOPIE

L'enseignement de la microscopie est destiné uniquement aux chimistes; il se fait en une séance de trois heures par semaine pendant le troisième semestre et comprend : l'étude de l'amidon; des types de cellules végétales les plus importants et de leurs parties constitutives; la mesure et l'examen à la lumière polarisée; l'étude de la structure de la tige des plantes; bois d'arbres feuillus et d'arbres conifères; l'étude des fibres les plus importantes (coton, lin, chanvre, jute, laine, soie, etc.); l'étude de la cellulose de bois et de la cellulose de paille; les analyses du papier.

N. — CULTURE D'ORGANISMES DE FERMENTATION

Ces exercices, destinés aussi uniquement aux chimistes, ont lieu du 7 janvier au 15 février et comprennent :

L'examen et la culture des diverses espèces de levure, des champignons, de la moisissure et autres, de bactéries, et plus particulièrement des bactéries acétiques et lactiques. Stérilisation, préparation de la gélatine nutritive, culture sur plaques, culture sporadique des levures sur blocs de gypse. Analyses de mélanges d'organismes divers. Méthode de constatation par l'acide tartrique de la présence de « levure sauvage ». Dénombrement des colonies. Culture absolument pure en partant d'une cellule unique.

O. — ETUDE DES MATÉRIAUX

Seuls les ingénieurs mécaniciens prennent part actuellement à ces exercices, mais il est question d'y faire participer aussi les ingénieurs architectes.

Ces exercices prennent quatre fois quatre heures au cinquième trimestre et comprennent :

Essais à la traction d'aciers (doux), fers, fontes et d'un alliage de cuivre. Etude des déformations en partie à l'aide de l'appareil à réflexion, tracé des courbes de traction ;

Essais à la compression de fontes, mortiers de ciment et bois ;

Essais à la flexion de poutrelles en fer, bois et acier doux. Tracé des courbes d'essai ;

Essais à la flexion de fils de fer et de cuivre. Détermination par un appareil à réflexion des modifications de forme de la section transversale d'une poutrelle fléchie.

Les élèves sont partagés en groupes de cinq à six et le professeur fait avec chacun de ces groupes une série d'essais montrant la résistance des divers matériaux, leur manière de se rompre, leurs modifications de forme, leur élasticité, ténacité, etc.

III. — Visites d'usines, excursions, etc.

On organise tous les ans au deuxième semestre, pour les chimistes et ingénieurs architectes : une *excursion géologique* d'un jour aux rochers crétacés près de Stevus, et une autre, plus importante, d'une durée d'une semaine, généralement à l'île de Bornholm.

De nombreuses *visites aux usines* sont également organisées par l'Académie technique royale.

Tous les étudiants visitent avec les professeurs de *technologie mécanique* des usines de construction de machines, des fonderies, des forges, des chantiers navals, des fabriques où l'on travaille le bois, des tôleries, un chantier de taillerie de pierres, etc.

Étant donné le grand nombre des auditeurs, il faut diviser les étudiants en groupes pour la visite, de sorte que les mêmes usines doivent être visitées jusqu'à six fois. Même dans le cas où il n'y a que vingt participants à une visite de fonderie, par exemple, il devient déjà difficile de leur faire voir de nombreux détails. Pour y remédier, *les leçons elles-mêmes sur le moulage sont combinées avec l'exécution de petits travaux de moulage* accompagnées des explications du professeur, et cela en passant graduellement de formes plus faciles à d'autres plus difficiles. A cet effet, l'Académie est pourvue des modèles, des outils pour le moulage, etc. Les leçons sont aussi accompagnées de l'exécution de travaux simples de rivure, de moulage au gypse, etc.

Les ingénieurs mécaniciens et les ingénieurs technologues visitent une fabrique de papier, des établissements graphiques (parmi ceux-ci une fabrique de papiers peints, une fabrique d'étoffes de laine, etc.) ; les ingénieurs mécaniciens seuls visitent des ateliers de tissage et des filatures, une fabrique de chaussures, une fabrique d'objets tricotés, un moulin à vapeur, les ateliers royaux de frappe de pièces de monnaie, etc. Quand l'occasion se présente, on visite aussi des expositions.

Le professeur titulaire du cours de *Chimie industrielle* visite avec les ingénieurs mécaniciens, électriciens et technologues, les usines à gaz et de distribution d'eau de la Ville, une brasserie, une distillerie, et avec les ingénieurs technologues seuls, une usine d'acide sulfurique, une usine pour la fabrication d'engrais, une verrerie, une briqueterie, une fabrique de ciment, une fabrique de porcelaine, une sucrerie, une boulangerie, une teinturerie, une savonnerie et une usine d'extraction d'huile.

A côté des visites signalées aux usines à Copenhague et aux environs, on organise tous les ans pour les ingénieurs mécaniciens et technologues du dernier semestre, à la veille de leur examen, une *excursion* durant un plus grand nombre de jours, quelquefois même à l'étranger, en Suède, en Norvège ou en Allemagne. Ainsi, par exemple, il n'existe nulle part au Danemark d'installations de hauts-fourneaux, de sorte qu'on n'en peut voir qu'à l'étranger. Cet été on se rend dans ce but à Stettin.

A la visite des chantiers navals prend naturellement part aussi le professeur de *constructions navales*, qui participe également aux autres visites de ce genre avec les ingénieurs mécaniciens qui ont choisi pour travail de diplôme un problème de construction navale.

Aux leçons et exercices sur l'*électrotechnie* se rattachent des visites aux usines et installations électriques, telles, par exemple, les visites de stations télégraphiques et téléphoniques, de fabriques d'appareils télégraphiques et téléphoniques, s'il s'agit de la technique des courants à faible tension.

Parfois, on organise aussi des voyages plus longs à l'étranger avec les ingénieurs électriciens, soit à Berlin, soit même en Suisse et en Italie. Cet été, on organise un voyage en Suède.

Aux cours de *stabilité des constructions et de charpentes métalliques* se rattache la visite de ponts à Copenhague et aux environs, où il existe un grand nombre de ponts de divers types, que l'on peut examiner d'une manière approfondie et étudier en peu de jours.

Aux cours de *construction de routes et de constructions*

hydrauliques se rattachent de temps en temps des visites (par exemple du réseau des chemins de fer de Copenhague) et une excursion plus importante aux parties éloignées du pays, qui est organisée une fois par an, habituellement au mois de juin, pour les ingénieurs des constructions, et qui a lieu sous la direction des professeurs titulaires des cours respectifs. Autant que faire se peut, l'excursion est organisée de telle sorte que l'on puisse voir plusieurs ouvrages en voie de construction, mais il va de soi que l'on saisit également l'occasion de visiter des installations déjà construites ou des établissements industriels pouvant présenter un intérêt pour les ingénieurs.

Lors de ces excursions, dont la durée est de trois à quatre jours, comme d'ailleurs pour toutes les excursions organisées par l'Académie technique royale, les étudiants jouissent de la gratuité du transport, mais ils doivent pourvoir eux-mêmes à leur entretien.

Cet été, on organise une excursion en Norvège, ayant pour but la visite du superbe chemin de fer de Christiania à Bergen.

Au cours de *chauffage et ventilation* se rattachent des visites d'installations de chauffage et de ventilation qui ont lieu au commencement du semestre qui suit celui où le cours a été donné. On visite en tout une dizaine d'installations de ce genre, afin que les étudiants puissent voir en fonctionnement les divers types d'appareils de chauffage.

Aux cours et exercices relatifs à l'*hygiène*, et qui sont suivis par les élèves des septième et huitième semestres, se rattachent des visites d'une série d'installations ou d'édifices existant à Copenhague. En règle générale, on visite par exemple plusieurs installations de distribution d'eau, de nombreuses stations de vidange de fosses et des installations spéciales de canalisation dans les rues, une installation pour le transport de matières fécales, une usine d'incinération d'immondices, un four crématoire, un marché de bestiaux, un abattoir avec installations accessoires, un marché avec installations frigorifiques, un établissement de désinfection, plusieurs établissements à gaz, un établissement de bains, un hôpital.

IV. — Travaux d'atelier

Lors de la fondation de l'Académie technique, en 1829, des ateliers y furent installés dans le but d'y faire faire aux étudiants leurs études pratiques. Cependant, on a constaté qu'il était impossible de trouver le temps nécessaire pour faire les travaux d'atelier à côté des études proprement dites, puisque toute la durée des études n'était que de deux ans. A la suite de cela, cette institution fut supprimée peu d'années après. Les ateliers continuaient cependant à faire partie de l'Académie jusqu'en 1860, mais ils avaient des élèves à eux.

Alors, pendant une longue série d'années, l'Académie n'a plus exigé que les étudiants travaillent dans les ateliers; toutefois quelques-uns d'entre eux, qui voulaient devenir des ingénieurs mécaniciens, sont venus de leur propre gré aux ateliers. Pendant cette période de temps, l'enseignement donné aux ingénieurs mécaniciens différait essentiellement de celui donné aux ingénieurs constructeurs en ce que ces derniers étudiaient un moins grand nombre de branches que les premiers. Il en est résulté que les derniers étaient un peu déconsidérés par suite de ce qu'un certain nombre d'entre eux abandonnèrent leur spécialité pour choisir celle d'ingénieur mécanicien, soit parce qu'il leur fut difficile de suivre, soit qu'ils ne purent être prêts pour leurs examens. Les ingénieurs mécaniciens ont en partie été placés dans des usines sans avoir jamais travaillé pratiquement dans l'atelier et se sont distingués au plus haut degré par l'absence de sens pratique et souvent ne répondaient que peu aux exigences de leur situation.

Les étudiants peu nombreux qui recherchaient eux-mêmes le travail à l'atelier ne désiraient qu'un enseignement sommaire et ont donc quitté l'atelier dans lequel ils ont reçu leur instruction avant d'avoir pu en retirer quelque profit appréciable.

Les constructeurs de machines étaient cependant injustes quand ils se plaignaient que les ingénieurs mécaniciens sortis de l'Académie technique royale n'avaient pas une préparation pratique suffisante, puisqu'ils ne voulaient pas

permettre aux élèves d'avoir accès dans leurs ateliers pour y acquérir des connaissances pratiques. En 1894, il a été décidé que les ingénieurs mécaniciens devraient, pour pouvoir obtenir leur diplôme, prouver préalablement, par un certificat, qu'ils ont fait un stage pratique d'au moins une année. Ce n'est que grâce au concours de quelques constructeurs que les ingénieurs mécaniciens, peu nombreux à cette époque, ont pu avoir accès dans des ateliers de construction. Cependant, il était à prévoir que la chose deviendrait difficile si le nombre des ingénieurs mécaniciens venait à augmenter. Afin de parer à cette difficulté, le directeur de la partie mécanique des chemins de fer de l'Etat et le président de l'Union des Producteurs de fer, à Copenhague, se sont mis, en 1898, à la tête d'un mouvement qui a eu pour conséquence qu'un grand nombre d'usines de construction de machines et autres se sont engagées vis-à-vis de l'Académie technique royale de tenir, tous les ans, gratuitement à la disposition des élèves une cinquantaine de places de stagiaire dans leurs ateliers. Depuis, l'emploi des ingénieurs mécaniciens et leur nombre ont très considérablement augmenté, et, comme, avec le temps, leur préparation a été améliorée sous divers rapports, notamment depuis l'installation du laboratoire pour ingénieurs mécaniciens, ces derniers répondent actuellement, partout où ils se présentent, aux exigences qui leur sont posées.

La préparation pratique des ingénieurs mécaniciens ne doit d'ailleurs pas se faire absolument dans un atelier de construction de machines; elle peut aussi bien avoir lieu, pendant un certain temps, lors du montage de machines dans un atelier de forge ou un autre analogue, ou encore dans une installation mécanique importante.

En somme, les étudiants ne sont pas forcés de recevoir leur préparation pratique aux établissements signalés, mais ils doivent, au moins deux mois avant leur inscription aux examens, obtenir l'attestation de l'Académie technique certifiant qu'elle considère leur préparation pratique comme suffisante. On ne peut espérer obtenir cette attestation si la préparation est considérée comme ne répondant

pas au but ou si elle a été souvent interrompue pendant de longues périodes de temps. Il va de soi que nombre d'ingénieurs mécaniciens préfèrent une durée de préparation pratique plus longue que celle imposée.

Quand, en 1903, fut créée la section d'ingénieurs électriciens, l'exigence d'une année de stage pratique fut maintenue, mais il a été décidé qu'une partie de celle-ci pouvait être faite dans l'exploitation journalière d'une installation électrique.

Les élèves sont assurés contre les accidents par l'Académie technique, pendant la durée du stage, ainsi que lors des visites des usines et des travaux dans les laboratoires de l'Académie même.

Une question qui n'est pas facile à trancher est celle relative à l'époque la plus favorable pour le commencement du stage pratique : en particulier, est-ce avant les études à l'Académie ou après deux années d'études et un examen sur les branches théoriques ?

Comme cet examen a lieu à la même époque des études pour les ingénieurs mécaniciens et électriciens (il en est autrement pour les chimistes), l'hypothèse du stage pratique après l'épreuve présente l'avantage qu'on peut reculer sa décision de deux ans pour décider si l'on veut devenir ingénieur mécanicien ou électricien, ce qui exige un stage industriel (pratique), ou bien ingénieur constructeur, ce qui n'exige pas de stage. Cette hypothèse présente encore ce deuxième avantage que l'étudiant, étant plus mûr, peut retirer plus de profit du stage. Mais, d'un autre côté, ce stage lui sera un peu plus difficile que s'il était plus jeune et l'obligera à interrompre ses études pendant un an.

Si l'étudiant est de faible constitution physique, le plus recommandable serait pour lui de faire d'abord son stage et de commencer ses études après.

H.-J. HANNOVER.



UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA



3 0112 069444138